TD de physique (Magnétostatique)

1ère Année du cycle préparatoire

Série 6

Exercice 1:

1- Déterminer, au moyen du théorème d'Ampère, le champ magnétique engendré par un fil rectiligne parcouru par un courant I en tout point situé à une distance r du fil.

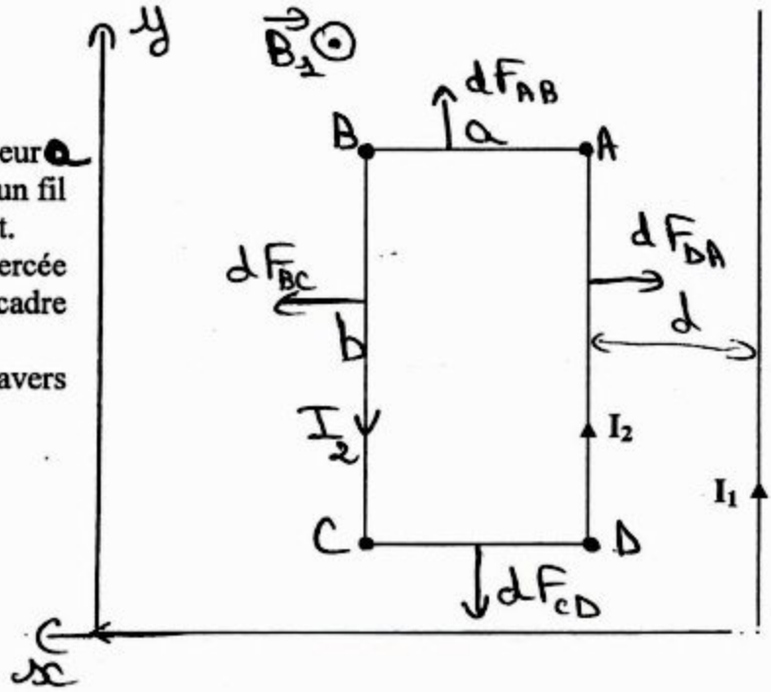
2- Déduire de l'expression du champ magnétique le potentiel vecteur au point P. On note qu'on ne tiendra pas compte du terme constant dans l'expression de ce potentiel.

Exercice 2:

Soit un cadre de longueur b de largeur a placé dans un plan à une distance d d'un fil infiniment long traversé par un courant.

1- Evaluer la force résultante exercée par un fil parcouru par I_1 sur le cadre parcouru par I_2.

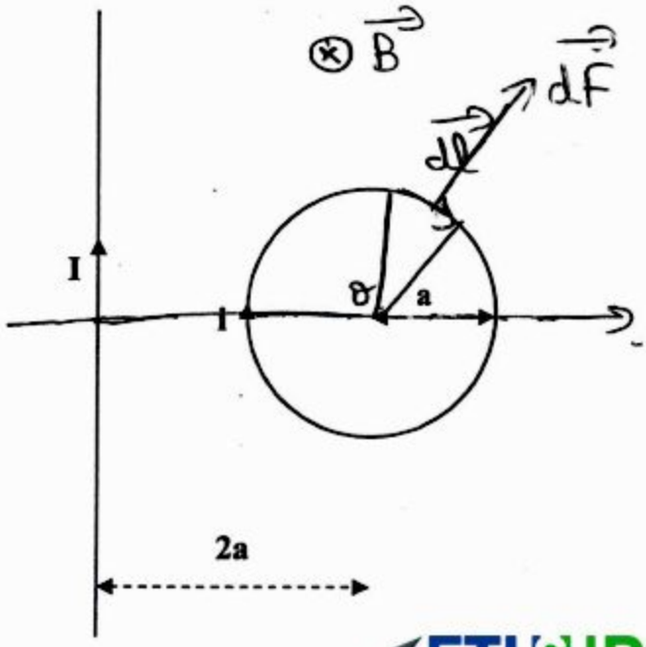
2- Donner l'expression du flux à travers le cadre.



Exercice 3:

Une spire circulaire et un fil infini sont placés dans un même plan.

Déterminer la résultante des forces de Laplace exercées par le fil sur la spire circulaire.



ETUSUP .com

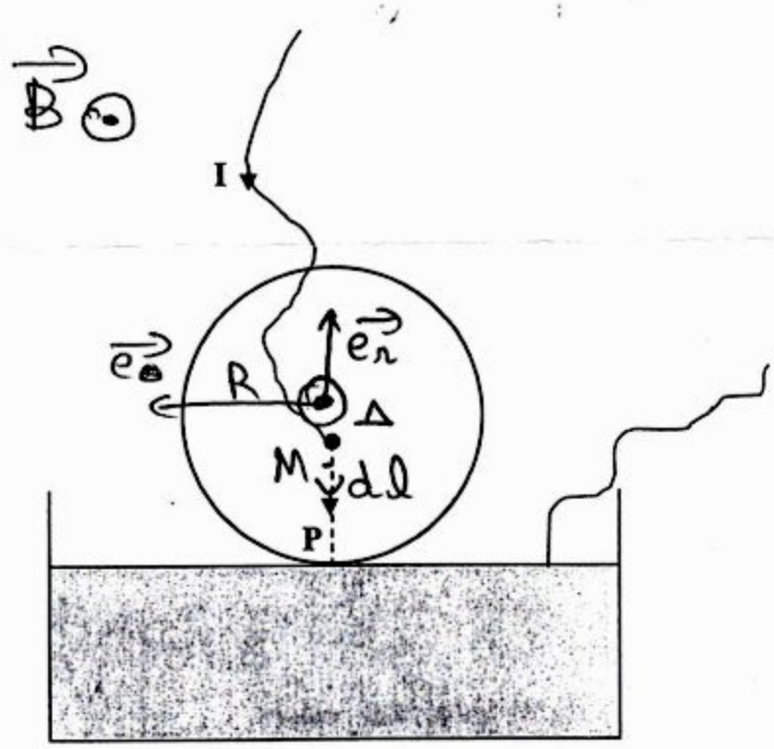
Exercice 4:

Une spire carrée rigide de coté 2a parcourue par un courant I est placée dans un champ magnétique B uniforme vertical et faisant un angle α avec le vecteur unitaire n de la normale au plan de la spire, orientée suivant la règle du tire bouchon par rapport au sens du courant.

1- Déterminer les forces qui s'exercent sur les côtés de la spire et leur résultante.
2- On suppose que la spire peut tourner autour de l'axe de symétrie Δ.
   a- Déterminer le flux à travers la spire.
   b- En déduire le moment de la spire.
   c- En déduire l'énergie potentielle de cette spire.

Exercice 5:

La roue de Barlow est constituée d'un disque conducteur homogène de centre O, de rayon R qui peut tourner librement autour d'un axe Δ horizontal. Elle est placée dans un champ magnétique uniforme B parallèle à Δ. Un courant d'intensité I parcourt le disque entre son axe de rotation et un point P de sa périphérie ou il affleure un bain de mercure. Calculer, par rapport à O, le moment résultant des forces magnétiques qui s'exercent sur le disque.

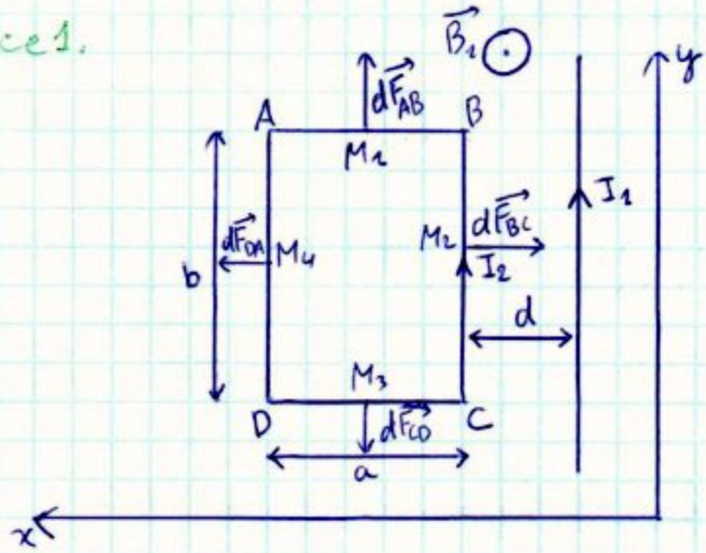


ETUSUP .com

Serie 2

Exercice 1.

1)



$$B(M) = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi x}$$

x : distance entre le fil et les different cotés de la spire réctangulaire.

$d\vec{F_{AB}} = I_2 \, \vec{dl_{AB}} \wedge \vec{B_1}$ (force de Laplace)

$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d}$$

$d\vec{F_{BC}} = I_2 \, \vec{dl_{BC}} \wedge \vec{B_2}$

$$B_2 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d}$$

$d\vec{F_{CD}} = I_2 \, \vec{dl_{CD}} \wedge \vec{B_3}$

$$B_3 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d}$$

$d\vec{F_{DA}} = I_2 \, \vec{dl_{DA}} \wedge \vec{B_4}$

$$B_4 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi (d+a)}$$

$d\vec{F} = d\vec{F_{AB}} + d\vec{F_{BC}} + d\vec{F_{CD}} + d\vec{F_{DA}}$

or $d\vec{F_{AB}} + d\vec{F_{CD}} = \vec{0}$

$d\vec{F} = d\vec{F_{BC}} + d\vec{F_{DA}}$

$$\vec{F_{BC}} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d} \int_B^C dl \, \vec{e_x}$$

$$= -\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} b \, \vec{e_x}$$

ETUSUP .com

$$\vec{F_{DA}} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi(d+a)} \int_D^A dl\, \vec{e_x}$$

$$\vec{F_{DA}} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi(d+a)}\, b\, \vec{e_x}$$

$$\vec{F} = \vec{F_{BC}} + \vec{F_{DA}}$$

$$= \frac{\mu_0 I_1 I_2 b}{2\pi}\left(-\frac{1}{d} + \frac{1}{d+a}\right)\vec{e_x}$$

$$= \frac{-\mu_0 I_1 I_2 b a}{2\pi d(d+a)}$$

2) L'expression du flux à travers le cadre

$$\Phi = \iint \vec{B_1}\, \vec{dS}$$

$$\vec{B_1} = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi x}\vec{e_z} \quad , \quad \vec{dS} = b\,dx\,\vec{e_z}$$

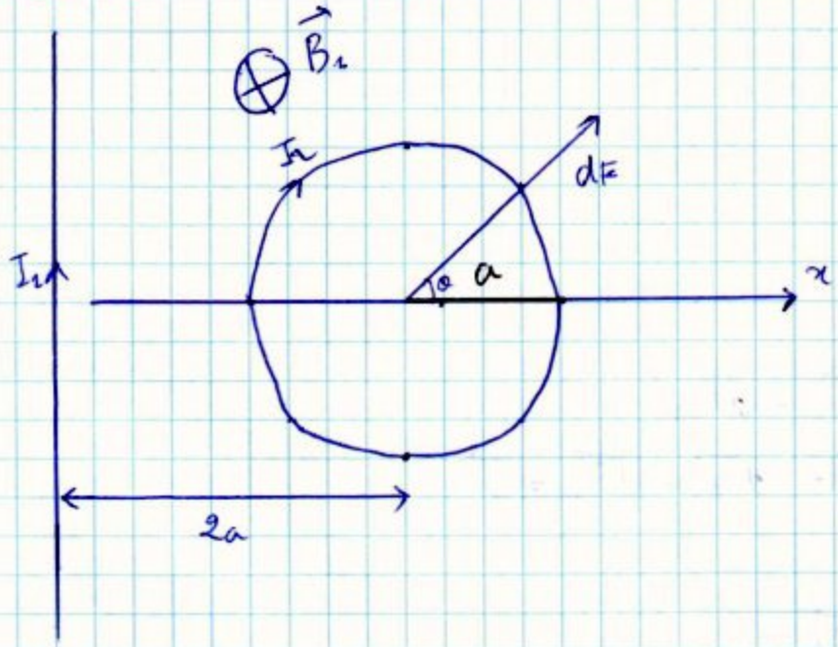
$$\Phi = \int_d^{d+a} \frac{\mu_0 I_1}{2\pi x}\, b\,dx = \frac{\mu_0 I_1 b}{2\pi}\int_d^{d+a}\frac{dx}{x}$$

$$= \frac{\mu_0 I_1 b}{2\pi}\ln\left(\frac{d+a}{d}\right)$$

3) Le coefficient d'inductance mutuelle

$$M = \frac{\Phi}{I} = \frac{\mu_0 b}{2\pi}\ln\left(\frac{d+a}{d}\right)$$

Exercice 2 :



$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}$$

Pour determiner la resultante des forces de Laplace exercées par le fil sur la spire circulaire, on utilise les coordonnées polaires et cartesiennes.

* $\vec{dF}$ exercée sur $\vec{dl}$ est portée par l'axe $\vec{e_r}$ alors que la force résultante de Laplace F est portée par $\vec{e_x}$.

donc $F = F_x = \int_{spire} dF_x = 2\int_{1/2\ spire} dF_x$

- pour decrire la demi spire θ doit varier entre 0 et π.

$$dF_x = \vec{dF}.\vec{e_x} = I_2 (\vec{dl} \wedge \vec{B})\vec{e_x}$$

$$= I_2\, dl\, B\, \vec{e_r}\, \vec{e_x} = I_2\, dl\, B_1 \cos\theta$$

or $dl = a\,d\theta$

$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}$; avec $r = 2a + a\cos\theta$

$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi a}\left(\frac{1}{2+\cos\theta}\right)$$

$$dF_x = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi}\,\frac{\cos\theta\, d\theta}{2+\cos\theta}$$

$$F_x = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi}\int_0^{\pi}\frac{\cos\theta\, d\theta}{2+\cos\theta}$$

$$= \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi}\int_0^{\pi}\left(\frac{2+\cos\theta - 2}{2+\cos\theta}\right)d\theta$$

$$= \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi}\int_0^{\pi}\left(1 - \frac{2}{2+\cos\theta}\right)d\theta$$

$$= \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi}\left[\int_0^{\pi} d\theta - \int\frac{2\,d\theta}{2+\cos\theta}\right]$$

$$A_1 = \int_0^{\pi}\frac{2\,d\theta}{2+\cos\theta}$$

$$t = tg\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

$$dt = \frac{d\theta}{2\cos^2(\theta/2)} = \frac{1}{2}\left(1 + tg^2(\theta/2)\right)d\theta$$

ETUSUP .com

$$\cos\theta = \frac{1-(tg(\theta/2))^2}{1+(tg(\theta/2))^2}$$

$$dt = \frac{1}{2}(1+t^2)\,d\theta$$

$$\cos\theta = \frac{1-t^2}{1+t^2}$$

$$\theta \longrightarrow 0 \Rightarrow t \longrightarrow 0$$

$$\theta \longrightarrow \pi \Rightarrow t \longrightarrow +\infty$$

$$A_1 = \int_0^{+\infty} \frac{\frac{2dt}{1+t^2}}{2+\frac{1-t^2}{1+t^2}} = \int_0^{+\infty} \frac{2dt}{3+t^2} = \frac{2}{3}\int_0^{+\infty} \frac{dt}{1+\left(\frac{t}{\sqrt{3}}\right)^2}$$

$$A_1 = \frac{4}{3}\sqrt{3}\left[\mathrm{Arctg}\left(\frac{t}{\sqrt{3}}\right)\right]_0^{+\infty} = 4\,\frac{\sqrt{3}}{2}\,\frac{\pi}{2} = \frac{2\pi}{\sqrt{3}}$$

$$F_x = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi}\left[\pi - \frac{2\pi}{\sqrt{3}}\right]$$

$$\vec{F} = 2\vec{F_x} = \mu_0 I_1 I_2 \left(1-\frac{2}{\sqrt{3}}\right)\vec{e_x}$$

Exercice 3 :

Inductance propre d'un solenoïde de longueur infinie.

$$L = \frac{\Phi}{I}$$

$$\Phi = \iint \vec{B}.\vec{dS} = \iint B.dS$$

$$\vec{B} = \mu_0 N I \vec{e_x}$$

$$B = \mu_0 N I = cte$$

$$\Phi = B.S = \mu_0 N I \pi R^2 \quad \text{(pour une seule spire)}$$

Le flux du solenoïde

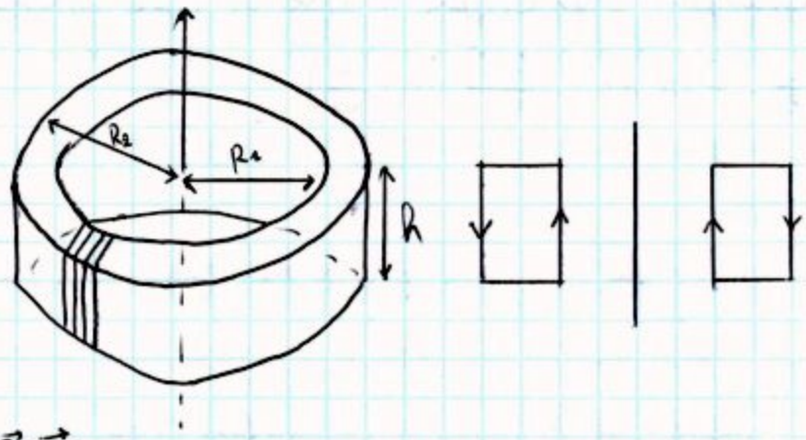
$$\Phi_T = N\Phi$$

$$= \mu_0 N^2 I \pi R^2$$

L'inductance propre : $L = \frac{\Phi_T}{I} = \mu_0 N^2 \pi R^2$

ETUSUP .com

Exercice 4 :



1) $L = \frac{\Phi_T}{I}$; $\Phi_T = \iint \vec{B}.\vec{dS}$

En appliquant le théorème d'Ampère.

B ne dépend que de r (invariance par translation par rapport à z et par rotation par rapport à θ).

Le plan contenant oz et M est un plan de symétrie donc B est perpendiculaire à ce plan, il est porté par $\vec{e_\theta}$.

La courbe d'Ampère sera un cercle centré et orienté suivant oz.

$\int \vec{B}.\vec{dl} = \mu_0 I_{int}$

$B(r) 2\pi r = \mu_0 I_{int}$

B(r) est non nul à l'interieur de la bobine torique.

$I_{int} = NI$

$B(r) = \frac{\mu_0 N I}{2\pi r}$

Calcul du flux pour une seule spire

$\varphi = \iint \vec{B}.\vec{dS} = \iint B.dS$; $dS = h\,dr$

$\varphi = \frac{\mu_0 N I}{2\pi} h \int_{R_1}^{R_2} \frac{dr}{r}$

$= \frac{\mu_0 N I}{2\pi} h \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)$

Le flux total du tore

$\Phi = N\varphi = \frac{\mu_0 N^2 I}{2\pi} h \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)$

$L = \frac{\Phi}{I} = \frac{\mu_0 N^2 h}{2\pi} \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)$

ETUSUP .com

2) L'énergie magnetique propre de cette bobine.

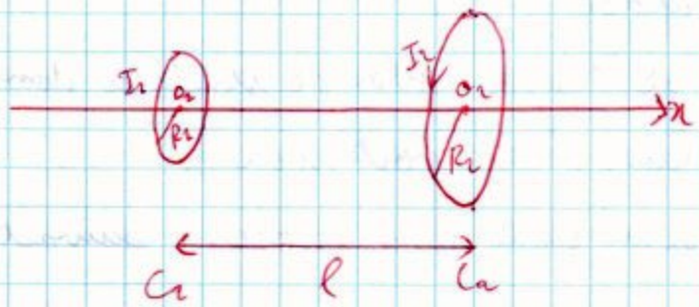
$$W_m = \frac{1}{2} L I^2 = \mu_0 \frac{N^2 h I^2}{4\pi} \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)$$

Exercice

$l \perp O_1O_2$

Soit 2 spires de rayons R_1 et R_2 distantes de l (~~l est perpendiculaire~~ ~~O_1O_2~~) avec $l \gg R_1$ et $l \gg R_2$. C_1 et C_2 sont parcouru par I_1 et I_2 respectivement. Le flux de l'induction d_1 de C_1 à travers lui même $\Phi_{11} = L_{11} I_1$, alors que le flux d'induction de C_2 à traver C_1 est $\Phi_{12} = L_{12} I_2$.

- Determinez le coefficient d'induction mutuelle M_{12}



$$M_{12} = \frac{\Phi_{12}}{I_2}$$

$$\Phi_{12} = \iint \vec{B_2} \cdot \vec{dS_1}$$

Dans le cas d'une spire circulaire

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2} \frac{R^2}{(R^2+x^2)^{3/2}} \vec{e_x} = \frac{\mu_0 I}{2R} \sin^3\theta \, \vec{e_x}$$

Dans notre cas

$$\vec{B_2} = \frac{\mu_0 I}{2} \frac{R_2^2}{(R_2^2+l^2)^{3/2}} \vec{e_x}$$

$$\Phi_{12} = \iint B_2 \, dS_1 = B_2 \iint dS_1 = B_2 \pi R_1^2$$

$$\Phi_{12} = \frac{\mu_0 I_2}{2} \pi \frac{R_2^2 R_1^2}{(R_2^2+l^2)^{3/2}}$$

ETUSUP .com

$\ell \gg R_2$ et $\ell \gg R_1$

$(R_2^2+\ell^2)^{3/2} \simeq \ell^3$

$$\Phi_{12} = \frac{\mu_0 I_2 \pi}{2\ell^3} R_2^2 R_1^2$$

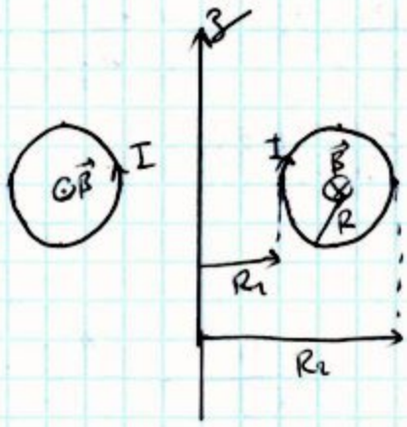
$$M_{12} = \frac{\mu_0 \pi}{2\ell^3} R_2^2 R_1^2$$

Exercice :

Inductance propre d'une bobine torique bornée de N spires de section circulaire. $\vec{B} = \frac{\mu_0 N I}{2\pi r}$

Calcul du flux pour une seule spire.

$$\varphi = \iint \vec{B}.\vec{dS}$$



$\varphi = \iint B\, dS$

$dS = 2\pi r\, dr$

$$\varphi = \mu_0 N I \int_0^R \frac{r\, dr}{r}$$

$= \mu_0 N I R$

$\Phi = \mu_0 N^2 I R$ et $L = \mu_0 N^2 R$

Exercice

- Determiner au moyen du th d'Ampère le champ magnétique engendré par un fil rectiligne parcouru par un courant I en tout point situé à une distance R de fil.
- Déduire de l'expression de B le potentiel vecteur au point P. (on note qu'on ne tiendra pas compte de terme constant dans l'expression de ce potentiel)

ETUSUP .com

$$\int \vec{B} \cdot \vec{dl} = \mu_0 I_{inc}$$

$$B(r) 2\pi r$$

$$\vec{B}(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \vec{e_\theta}$$

Le potentiel vecteur

$$\vec{A} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{\vec{dl}}{r} = A_z \cdot \vec{e_z}$$

$$\vec{B} = \vec{rot}\, \vec{A}$$

$$\vec{A_r} = \vec{A_\theta} = 0$$

$$\vec{rot}\, \vec{A} = \vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \vec{e_\theta}$$

$$\vec{rot}\, \vec{A} = \left(\frac{1}{r} \frac{\partial A_z}{\partial \theta} - \frac{\partial A_\theta}{\partial z} \right) \vec{e_r} + \left(\frac{\partial A_r}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial r} \right) \vec{e_\theta}$$

$$+ \frac{1}{r} \left(\frac{\partial r A_\theta}{\partial r} - \frac{\partial A_r}{\partial \theta} \right) \vec{e_z}$$

$$= \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \vec{e_\theta}$$

$$\begin{cases} \frac{1}{r} \frac{\partial A_z}{\partial \theta} - \frac{\partial A_\theta}{\partial z} = 0 \quad ; \quad \frac{\partial A_r}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial r} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \\ \frac{\partial r A_\theta}{\partial r} - \frac{\partial A_r}{\partial \theta} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{1}{r} \frac{\partial A_z}{\partial \theta} = 0 \Rightarrow A_z \text{ est indépendant de } \theta \\ -\frac{\partial A_z}{\partial r} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \\ 0 = 0 \end{cases}$$

$$-\frac{\partial A_z}{\partial r} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

$$A_z = -\frac{\mu_0 I}{2\pi} \ln(r) + cte \Rightarrow \vec{A} = -\frac{\mu_0 I}{2\pi} \ln(r) \vec{e_z}$$

ETUSUP .com

ETUSUP.com

Programmation
Cours
Informatique
Optique
Chimie
Algébre
Corrigés
Mathématiques
Travaux Pratiques
Electricité
Physique
Résumés
Analyse
Diapo
Exercices
Livres
Contrôles Continus
Langues
MTU
Mécanique
Thermodynamique
Multimedia
Divers
Economie
Travaux Dirigés
Droit
Chimie Organique

et encore plus..